



11000 U.S. PTO  
09/881176  
06/14/01

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 100 29 437.5

**Ahmeldetag:** 21. Juni 2000

**Anmelder/Inhaber:** Heaeus Noblelight GmbH, Hanau/DE

**Bezeichnung:** Infrarotstrahler

**IPC:** H 01 K 1/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. März 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Ebert

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

Hanau, den 21. Juni 2000  
Unser Zeichen: P 09652

**Heraeus Noblelight GmbH**

**Infrarotstrahler**

**Patentansprüche**

1. Infrarotstrahler mit einem in einem Quarzglasrohr angeordneten, Carbonfasern enthaltenden Heizelement, dessen Enden mit durch die Wand des Quarzglasrohres führenden Kontaktelementen verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (2) beabstandet von der Wand des Quarzglasrohres (1) angeordnet ist und dass das Heizelement (2) mittels Abstandhaltern (3) zu der Achse des Quarzglasrohres (1) zentriert angeordnet ist.
2. Infrarotstrahler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (2) die Form eines spiralförmigen oder gewendelten Bandes aufweist.
3. Infrarotstrahler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Innendurchmesser des Quarzglasrohres (1) mindestens 1,5 mal so groß ist wie der Durchmesser der Spirale oder Wendel des Heizelementes (2).
4. Infrarotstrahler nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandshalter (3) aus Molybdän und/oder Wolfram und/oder Tantal oder einer Legierung aus diesen Metallen gebildet sind.
5. Infrarotstrahler nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandshalter (3) zumindest an ihrer dem Heizelement (2) zugewandten Seite eine solche Ausdehnung in Längsrichtung des Heizelementes (2) aufweisen, die größer ist als die in dieser Längsrichtung gebildeten Abstände zwischen den Windungen des Heizelementes (2).

6. Infrarotstrahler nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Heizelement (2) und Abstandshaltern (3) Keramik (11), insbesondere Aluminiumoxid oder Zirkondioxid, angeordnet ist.
7. Infrarotstrahler nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktelemente (4) an ihren mit dem Heizelement (2) verbundenen Enden aus federndem Material gebildet sind.
8. Infrarotstrahler nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das federnde Material aus Molybdän gebildet ist.
9. Infrarotstrahler nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Enden der Kontaktelemente (4), die mit dem Heizelement (2) verbunden sind, als die Enden des Heizelementes (2) umgreifende Hülsen (5) ausgebildet sind.
10. Infrarotstrahler nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülsen (5) aus Molybdän gebildet sind.
11. Infrarotstrahler nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Enden des Heizelementes (2) und den Kontaktelementen (4) Graphit, insbesondere als Graphitpapier (17;17'), angeordnet ist.
12. Infrarotstrahler nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Graphit und dem Heizelement (2) eine Edelmetallpaste und/oder ein auf den Enden des Heizelementes (2) aufgebracht metallischer Überzug angeordnet ist.
13. Infrarotstrahler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der metallische Überzug aus Nickel oder einem Edelmetall gebildet ist.
14. Infrarotstrahler nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass der metallische Überzug galvanisch aufgebracht ist.
15. Infrarotstrahler nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass kontaktgebende Teile mittels Widerstandsschweißung oder Laserschweißung miteinander verbunden sind.

16. Verfahren zum Betreiben eines Infrarotstrahlers nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (2) auf eine Temperatur von größer als 1000°C, vorzugsweise größer als 1500°C, erhitzt wird.

Hanau, den 21. Juni 2000  
Unser Zeichen: P 09652

## **Patentanmeldung**

**Heraeus Noblelight GmbH**

### **Infrarotstrahler**

Die Erfindung betrifft einen Infrarotstrahler mit einem in einem Quarzglasrohr angeordneten, Carbonfasern enthaltenden Heizelement, dessen Enden mit durch die Wand des Quarzglasrohres führenden Kontaktelementen verbunden ist. Die Erfindung bezieht sich desweiteren auf ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Infrarotstrahlers.

Infrarotstrahler der genannten Art sind beispielsweise aus DE 198 39 457 A1 bekannt. Sie weisen spiralförmige Heizelemente aus Carbonfasern auf. Solche Carbonfasern haben den Vorteil, dass sie schnelle Temperaturwechsel zulassen, sich also durch eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit auszeichnen. Der bekannte Carbonstrahler weist aufgrund seiner Wendelung und der damit verbundenen großen Oberfläche eine relativ hohe Strahlungsleistung auf und ist geeignet zum Betreiben bei Temperaturen unterhalb von 1000°C. In der praktischen Ausführung sind Temperaturen des Heizelementes von max. 950°C bevorzugt. Aufgrund dieser Temperaturobergrenzen ist die erreichbare Strahlungsleistung begrenzt.

Ähnliche Infrarotstrahler sind in DE 44 19 285 A1 beschrieben. Hier wird ein Carbonband mäanderförmig aus mehreren zusammenhängenden Teilabschnitten gebildet. Aus GB 2 233 150 A sind ebenfalls Infrarotstrahler bekannt, bei denen das Heizelement als Carbonband ausgebildet ist. Aus DE-GM 1 969 200 sowie aus GB 1 261 748 und EP 163 348 A1 sind Infrarotstrahler mit metallischen Heizelementen bekannt. Diese können aufgrund einer relativ geringen Oberfläche auch nur begrenzte Strahlungsleistung erzielen. Insbesondere aus den beiden letztgenannten Druckschriften ist es bekannt, die Heizelemente so auszubilden, dass sie das sie umgebende Quarzrohr stellenweise berühren und sich dort abstützen.

Generelles Problem von Infrarotstrahler ist es, dass Quarzrohre oberhalb von etwa 1000°C, insbesondere bei Berührung, leicht rekristallisieren, so dass sie unbrauchbar werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen verbesserten Infrarotstrahler, insbesondere mit höherer Strahlungsleistung und langer Lebensdauer bereitzustellen, sowie ein Verfahren zu dessen Betrieb anzugeben.

Die Aufgabe wird für den Infrarotstrahler dadurch gelöst, dass das Heizelement beabstandet von der Wand des Quarzglasrohres angeordnet ist und dass das Heizelement mittels Abstandshaltern zu der Achse des Quarzglasrohres zentriert ist, trotzdem die Abstandshalter Wärmebrücken darstellen. Überraschenderweise hat es sich gezeigt, dass dadurch die Temperatur des Heizelementes wesentlich erhöht werden kann, ohne dass das Quarzglasrohr rekristallisiert, da die die Rekristallisation auslösende Berührung durch das Heizelement (Kohlenstofffasern) verhindert wird. Insbesondere ist es von Vorteil für das Erreichen einer hohen Strahlungsleistung, wenn das Heizelement die Form eines spiralförmigen oder gewendelten Bandes aufweist.

Zweckmäßig ist es, dass der Innendurchmesser des Quarzglasrohres mindestens 1,5 mal so groß ist wie der Durchmesser der Spirale oder Wendel des Heizelementes. Bei einem solchen Abstand, vorzugsweise bei einem solchen Durchmesser Verhältnis, vorzugsweise bei einem Verhältnis von etwa 1,7 kann die Temperatur des Heizelementes auf deutlich mehr als 1000°C erhöht werden. Bei einem Durchmesser Verhältnis von etwa 2,5 kann die Temperatur des Heizelementes auf Temperaturen oberhalb 1500°C erhöht werden, so dass die Strahlungsleistung, die der 4. Potenz der absoluten Temperatur proportional ist, entsprechend steigt.

Vorteilhafter Weise sind die Abstandshalter aus Molybdän und/oder Wolfram und/oder Tantal oder einer Legierung aus mindestens zwei dieser Metalle gebildet. Es hat sich gezeigt, dass derartige Abstandshalter einerseits eine hohe thermische Stabilität aufweisen, andererseits jedoch eine Erhitzung des Quarzglasrohres bis zur Rekristallisation vermieden wird.

Insbesondere ist es von Vorteil für eine stabile Anordnung des Heizelementes, dass die Abstandshalter zumindest an ihrer dem Heizelement zugewandten Seite eine solche Ausdehnung in Längsrichtung des Heizelementes aufweisen, die größer ist als die in dieser Längsrichtung gebildeten Abstände zwischen den Windungen des Heizelementes. Dadurch wird

auch bei Vibrationen ein Abrutschen der Abstandshalter in die Zwischenräume zwischen den einzelnen Windungen vermieden.

Es ist zweckmäßig, zwischen Heizelement und Abstandshaltern Keramik, insbesondere Aluminiumoxid oder Zirkondioxid anzuordnen, da dadurch die Lebensdauer des Heizelementes erhöht wird und einvorzeitiges Durchbrennen verhindert wird.

Es ist weiterhin von Vorteil, die Kontaktelemente an ihren mit dem Heizelement verbundenen Enden aus federndem Material auszubilden, um eine zuverlässige Fixierung der Kontaktelemente vor deren Verschweißen mit weiteren Kontakten zu gewährleisten. Insbesondere kann als federndes Material Molybdän verwendet werden.

Die Enden der Kontaktelemente, die mit dem Heizelement verbunden sind, können auch als diese Enden des Heizelementes umgreifende Hülsen ausgebildet sein, wobei die Hülsen Molybdän gebildet sein können.


Es hat sich von Vorteil erwiesen, dass zwischen den Enden des Heizelementes und den Kontaktelementen Grafit, insbesondere als Grafitpapier, angeordnet ist, um den galvanischen Kontakt zwischen den Kontaktelementen und den Carbonfasern des Heizelementes zu optimieren. Das Heizelement besteht zweckmäßigerweise im wesentlichen oder ausschließlich aus Carbonfasern.


Zwischen dem Grafit und dem Heizelement kann eine Edelmetallpaste und/oder ein auf den Enden des Heizelementes aufgebracht metallischer Überzug angeordnet sein. Wobei der metallische Überzug aus Nickel oder einem Edelmetall gebildet und vorzugsweise galvanisch aufgebracht sein kann.

Dadurch wird die Kontaktierung weiter verbessert. Eine Verschweißung der kontaktgebenden Teile kann mittels Widerstandsschweißung oder Laserschweißung erfolgen.

Die Aufgabe wird für das Verfahren zum Betreiben eines Infrarotstrahlers dadurch gelöst, dass das Heizelement auf eine Temperatur von größer als 1000°C, vorzugsweise größer als 1500°C, erhitzt wird.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt

- Fig. 1            einen erfindungsgemäßen gewendelten Carbonstrahler,
- Fig. 2 bis 9     verschiedene Ausführungsformen für Abstandshalter,
- Fig. 10          ein Kontaktelement,
- Fig. 11          die Anordnung eines Kontaktelementes an dem Heizelement,
-  Fig. 12          die schematische Ansicht einer Kontaktierung,
- Fig. 13          einen Schnitt durch die Kontaktierung mit Schweißstelle,
- Fig. 14          eine Kontaktierung des Heizelementes und
- Fig. 15          eine schematische Schnittdarstellung der Kontaktierung.

 In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Infrarotstrahler dargestellt. In einem Quarzglasrohr 1 ist als Heizelement 2 ein gewendelttes Carbonband angeordnet, das mit Abstandshaltern 3 von der Wand des Quarzglasrohres 1 beabstandet gehalten wird. An seinen Enden ist das Heizelement 2 mit Kontaktelementen 4 verbunden, wobei die Bandkontaktierung als Hülse 5 aus Molybdän ausgebildet ist. Aus der Hülse 5 führt eine Anschlußfahne 6 heraus, von der aus Kontakte 7 über Molybdändichtungsfolien 8 innerhalb des Quetschungsbereiches 9 des Quarzglasrohres 1 nach außen zu den äußeren Anschlüssen 10 geführt sind.

Carbonstrahler mit gewendelten Heizelementen gemäß Fig. 1 weisen gegenüber Carbonstrahlern mit einem ungewendelten Band eine etwa 2,5- bis 3-fach größere Oberfläche und damit 2,5- bis 3-fach größere Leistungsdichte auf. Auch gegenüber Infrarotstrahlern mit metallischen Heizelementen weisen mit Carbonbändern als Heizelement ausgestattete Infrarotstrahler eine wesentlich höhere Leistungsdichte auf. So ist eine wesentlich niedrigere Temperatur der Carbonbänder als Heizelement notwendig gegenüber Heizelementen, die aus Metall gebildet sind, um die gleiche Leistungsdichte zu erreichen. In konkreten Fällen wurden



Leistungsdichten von  $900 \text{ kW/m}^2$  bei Wolfram-Halogenstrahlern bei etwa 3000 Kelvin erzielt, während das entsprechend gewendelte Carbonband für die gleiche Leistungsdichte lediglich auf eine Temperatur von etwa 2170 Kelvin gebracht werden musste.

Der in Fig. 1 dargestellte Infrarotstrahler kann bei Temperaturen  $> 1000^\circ\text{C}$  betrieben werden. Hierfür ist ein Verhältnis des Innendurchmessers des Quarzglasrohres zu dem Durchmesser der Wendel des Heizelementes von mindestens 1,5, insbesondere von 1,7 notwendig. Bei einem Durchmesser Verhältnis von mindestens 2,5 kann das Heizelement mit Temperaturen von  $> 1500^\circ\text{C}$  betrieben werden.

Die Abstandshalter 3 sind beispielsweise aus Molybdän. Es kommen auch Wolfram oder Tantal bzw. Leierungen der genannten Metalls in Frage. Die Ausdehnung der Abstandshalter 3 in axialer Richtung ist größer als der axiale Zwischenraum zwischen zwei Heizwendelabschnitten der Heizelemente 2. Zwischen den einzelnen Abstandshaltern 3 und dem Heizelement 2 ist jeweils ein isolierender Keramikeinsatz 11 angeordnet, um eine Schädigung des Heizelementes 2 und damit einen vorzeitigen Ausfall zu vermeiden. Der Keramikeinsatz ist aus Aluminiumoxid oder Zirkondioxid hergestellt, je nach beabsichtigter Betriebstemperatur.

Verschiedene spezielle Ausführungsformen der Abstandshalter 3 sind in den Fig. 2 bis 9 dargestellt. Fig. 2 zeigt eine sehr einfache und kostengünstige Ausführungsform. Fig. 3 zeigt diese Ausführungsform mit einem Keramikeinsatz 11. Die in den Fig. 2 bis 8 dargestellten Ausführungsformen sind vorzugsweise aus Metallen hergestellt, wobei kompliziertere Ausführungsformen, wie sie in den Fig. 4 bis 8 dargestellt sind, aus einzelnen Teilen zusammengesetzt sein können. Der in Fig. 4 dargestellte Abstandshalter ist aufgrund seiner konzentrischen Ausbildung und 2-seitigen Fixierung des Inneren Ringes besonders stabil, ebenso wie der Abstandshalter gemäß Fig. 7, bei dem ein ringförmiger Teil 12 von einem Dreieck 13 umgeben ist. Bei dieser Ausführungsform ist die Kontaktfläche zwischen dem Abstandshalter 3 und dem Quarzglasrohr 1 besonders gering. Die Ausführungsformen nach Fig. 5 und 6 sind sehr ähnlich, wobei bei beiden ein innerer Ring 14 von Federarmen 15; 15' umgeben ist, die den inneren Ring 14 gegen das Quarzglasrohr 1 abstützen. Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der zwei Ringe 14; 14' konzentrisch zueinander angeordnet sind.

In Fig. 9 ist ein Abstandshalter 3 aus einem keramischen Material (Aluminiumoxid oder Zirkondioxid) dargestellt. Bei dieser Ausführungsform ist die Anordnung eines zusätzlichen Ke-

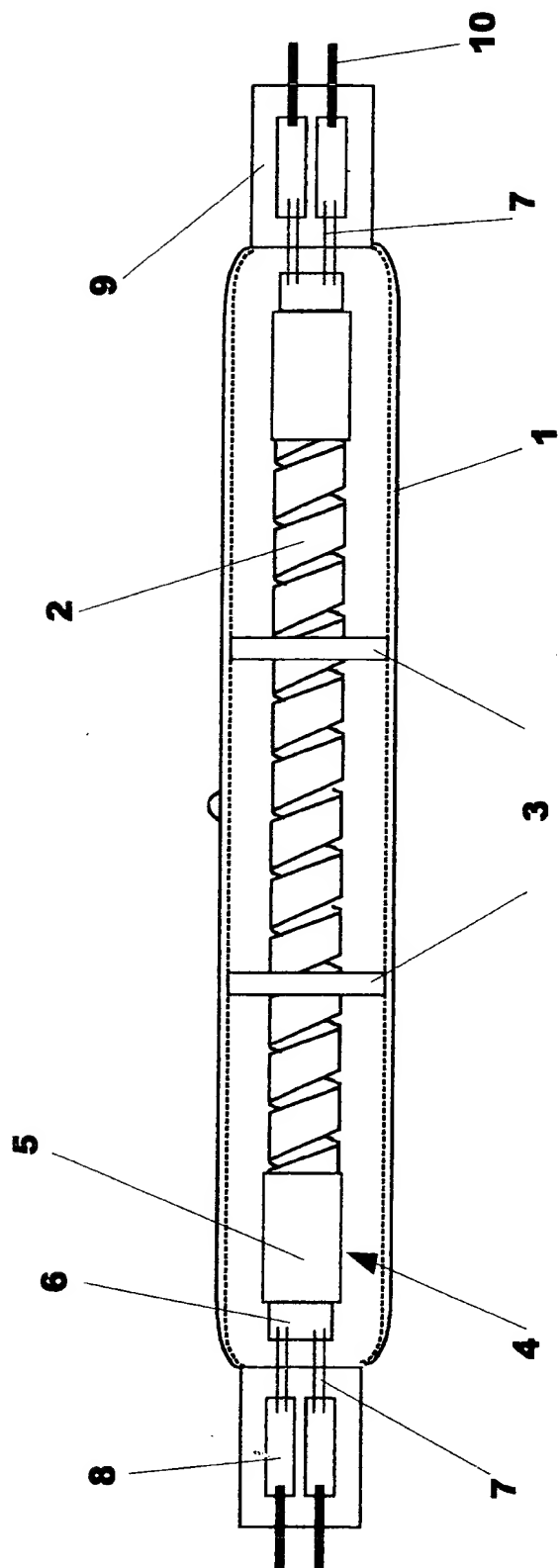
ramikeinsatzes 11 nicht erforderlich. Dieser Abstandshalter weist Öffnungen 16 auf, die verhindern, dass innerhalb des Strahlers mehrere voneinander abgeschlossene Räume entstehen. Die Öffnungen ermöglichen ein problemloses Evakuieren des Quarzglasrohres 1.

Eine Ausführungsform der Carbonwendelkontaktierung ist in den Fig. 10 bis 13 dargestellt. Fig. 10 zeigt ein Kontaktelement 4 aus einem federnden Material, beispielsweise aus Molybdän. Fig. 11 zeigt das Kontaktelement, das über das Carbonband des Heizelementes 2 geschoben ist und dieses beidseitig umfasst. Zwischen beiden Materialien ist Grafitpapier 17 zur Verbesserung der Kontaktierung gelegt. Dieser Schichtverbund wird zusammengedrückt und an der mit „X“ bezeichneten Schweißstelle 18 mittels Widerstandsschweißen oder Laserschweißen verschweißt, wobei die beiden Schenkel des Kontaktelementes direkt miteinander verbunden werden und das Carbonband des Heizelementes 2 sowie das Graphitpapier 17 zwischen sich einschließen. Fig. 12 zeigt die schematische Ansicht dieser Kontaktierung, wobei die Schweißstellen 18 markiert sind. Dabei ist die Schnittansicht längs der Linie A-A in Fig. 13 dargestellt. Fig. 14 und 15 zeigen eine weitere Ausführungsform der Kontaktierung, wobei Fig. 15 einen Schnitt entlang der Linie A-A aus Fig. 14 zeigt. Dabei ist die Carbonwendel des Heizelementes 2 von einer Hülse 5 umgeben. Zwischen der Hülse 5 und der Carbonwendel des Heizstrahlers 2 ist Grafitpapier 17' angeordnet. Die Hülse 5 ist aus Molybdän hergestellt. Im Inneren des Heizelementes 2 ist im Bereich der Hülse 5 eine innere Hülse 19 angeordnet, die in die nach außen führende Anschlussfahne 6 mündet. Zwischen der inneren Hülse 19 und dem Heizelement 2 ist ebenfalls Grafitpapier 17 angeordnet. Die Schichten liegen dicht aufeinander, die Abstände in den Zeichnungen (Fig. 11, 13 und 15) sind lediglich der besseren Übersicht halber vorhanden. Zwischen dem Grafitpapier 17; 17' und dem Heizelement 2 kann eine Edelmetallpaste oder ein auf den Enden des Heizelementes 2 aufgebracht metallischer Überzug, vorzugsweise aus Nickel oder einem Edelmetall, angeordnet sein, wobei der metallische Überzug galvanisch auf das Heizelement aufgebracht sein kann. Dieser Überzug bzw. die Edelmetallpaste kann sowohl auf der inneren als auch auf der äußeren Seite des Heizelementes 2 angeordnet sein, d.h. sowohl zwischen dem Heizelement 2 und der inneren Hülse 19 als auch zwischen dem Heizelement 2 und der äußeren Hülse 5. Der Überzug bzw. die Edelmetallpaste sind der besseren Übersicht halber in den Figuren nicht dargestellt.

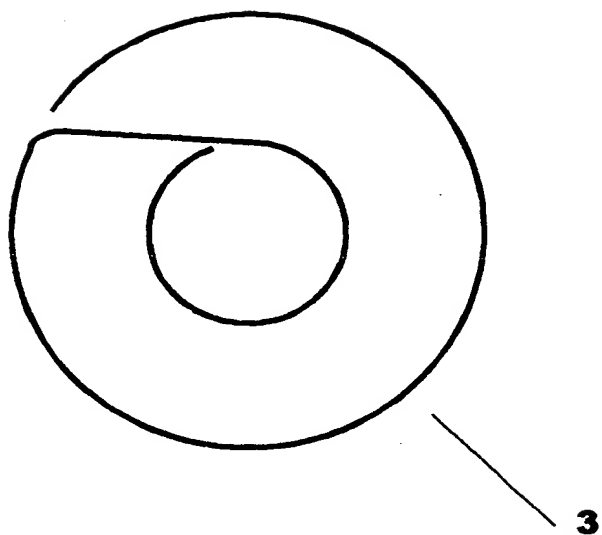
Hanau, den 21. Juni 2000  
**Unser Zeichen: P 09652**

### **Zusammenfassung**

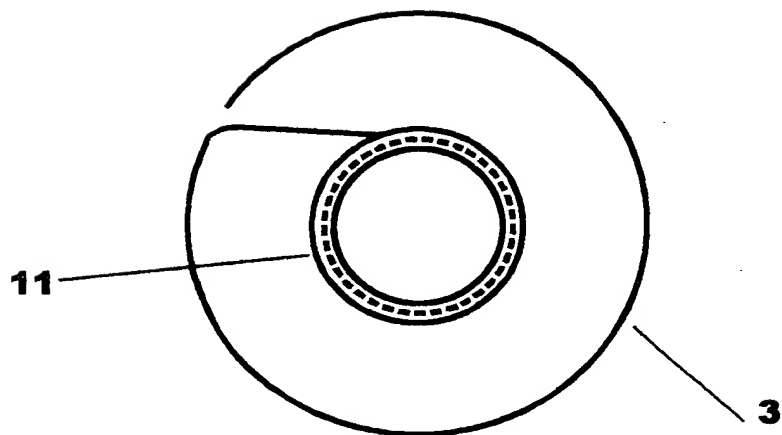
Die Erfindung betrifft einen Infrarotstrahler mit einem in einem Quarzglasrohr angeordneten, Carbonfasern enthaltenden Heizelement, dessen Enden mit durch die Wand des Quarzglasrohres führenden Kontaktelementen verbunden sind. Die bekannten Strahler werden dadurch verbessert, dass das Heizelement beabstandet von der Wand des Quarzglasrohres angeordnet ist und dass es mittels Abstandshaltern zu der Achse des Quarzglasrohres zentriert angeordnet ist. Desweiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren, bei dem der Infrarotstrahler mit Heizelement-Temperaturen  $>1000^{\circ}\text{C}$  betrieben wird.



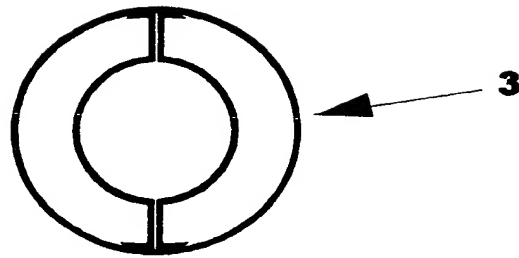
**Fig. 1**



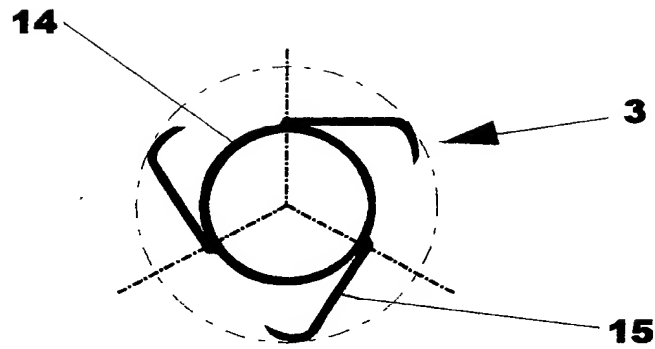
**Fig. 2**



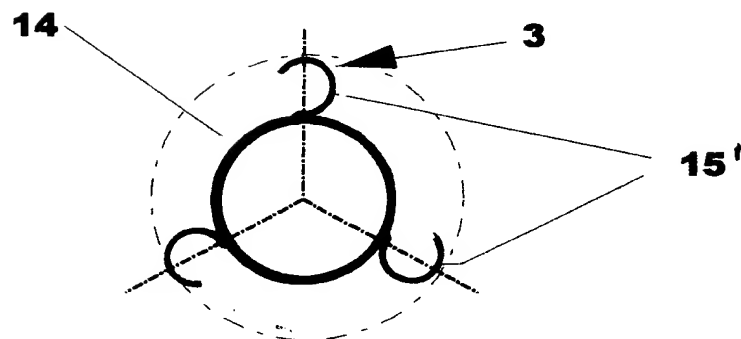
**Fig. 3**



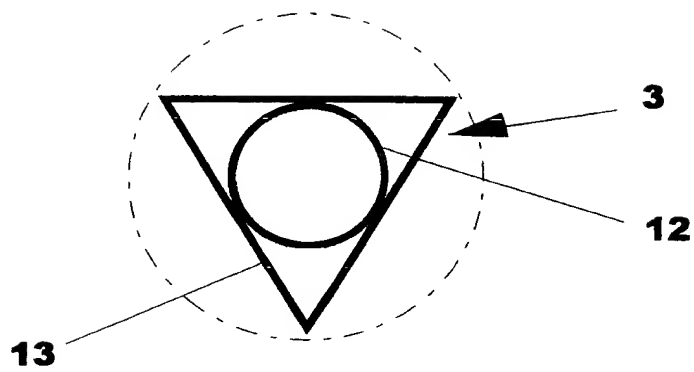
**Fig. 4**



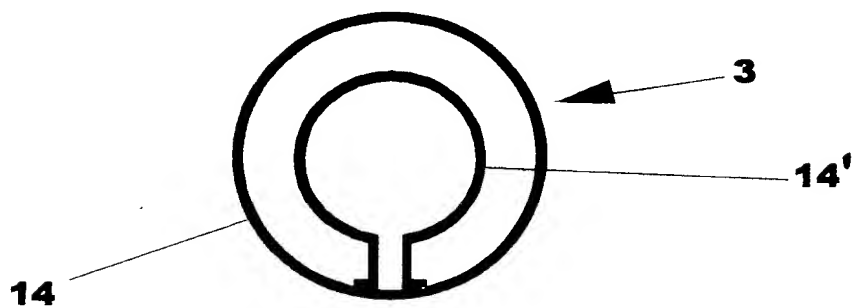
**Fig. 5**



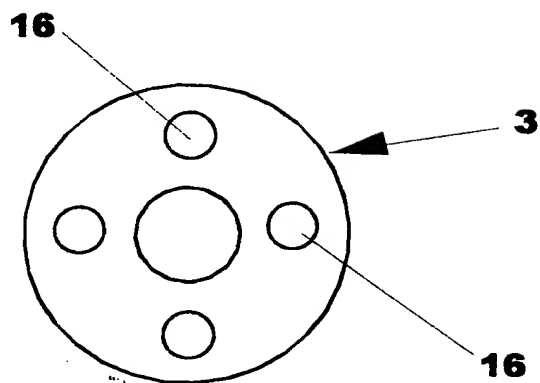
**Fig. 6**



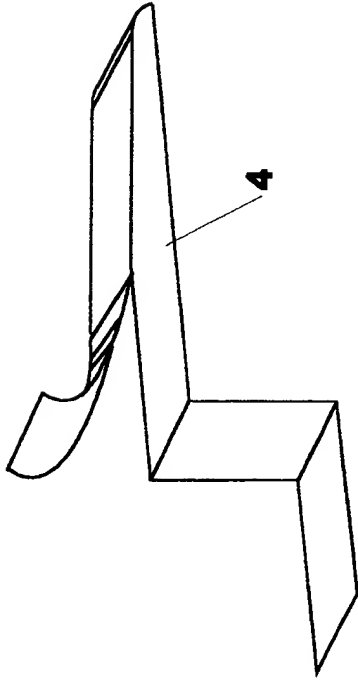
**Fig. 7**



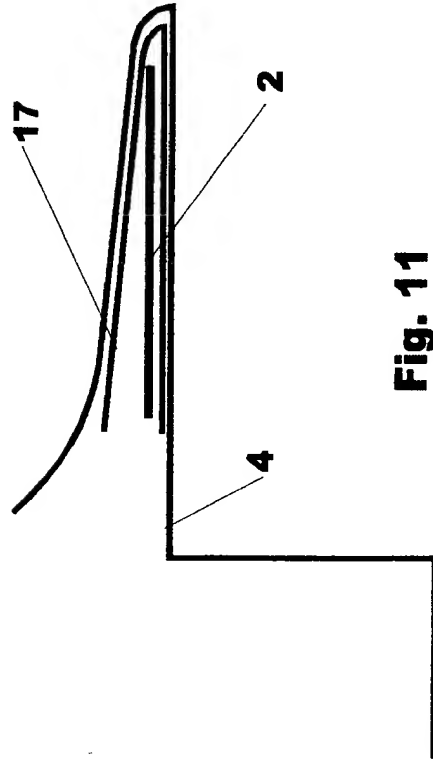
**Fig. 8**



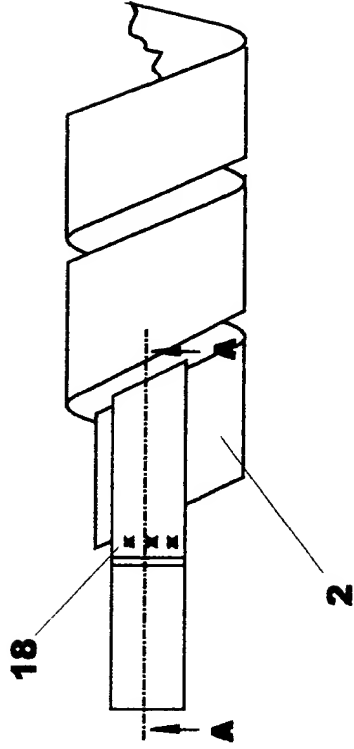
**Fig. 9**



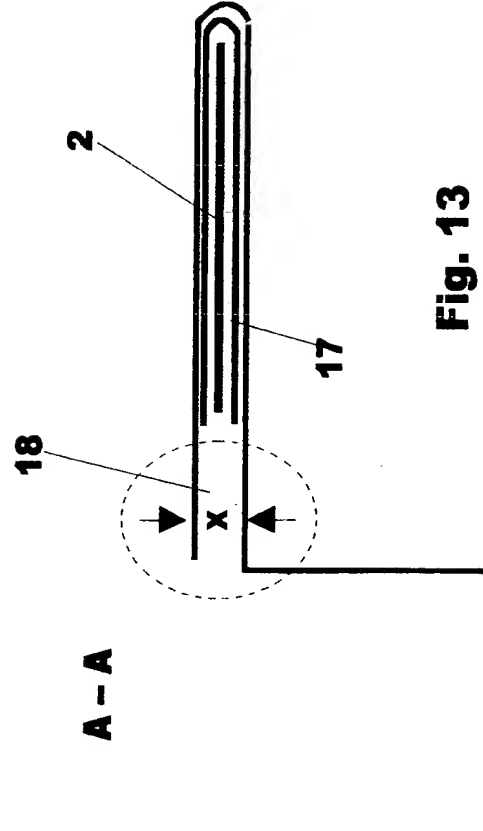
**Fig. 10**



**Fig. 11**

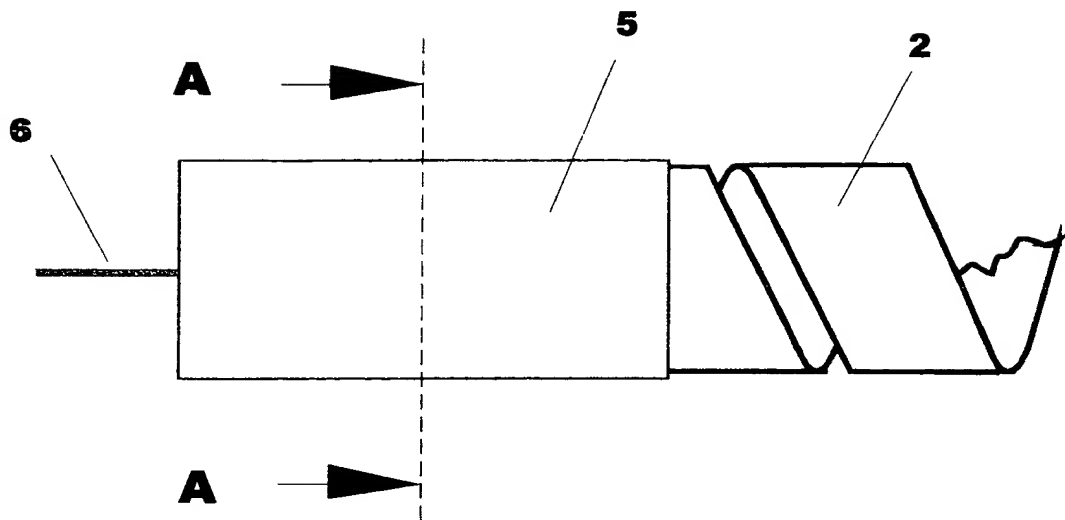


**Fig. 12**



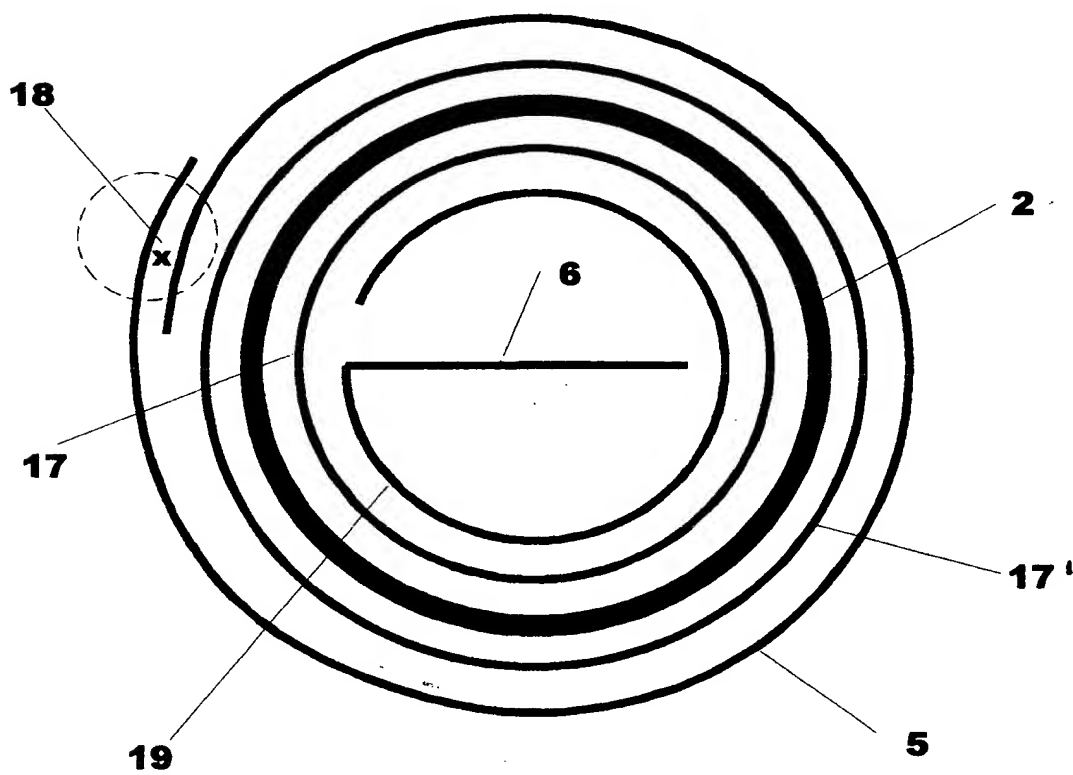
**Fig. 13**





**Fig. 14**

**A - A**



**Fig. 15**